

*KATEDRA ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE I MOSTOVE
STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA*

BETONSKE KONSTRUKCIJE I

(god. 2007/2008.)

*Predmetni nastavnik:
V.pred. mr.sc. Vladica Herak-Marović, dipl.ing.građ.*

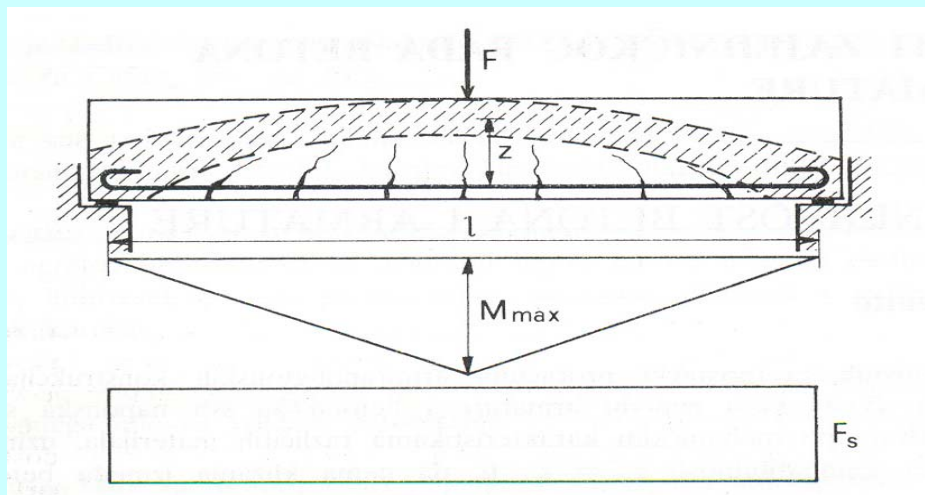
Nastavne jedinice kolegija:

- (1) Fizikalno mehanička svojstva betona i čelika za armiranje; deformacije betona;
- (2) Uvjeti zajedničkog rada betona i armature; prionljivost, sidrenje, nastavljajanje, oblikovanje, zaštitni slojevi; razmaci šipki; odredbe propisa;
- (3) Osnove proračuna armiranobetonskih elemenata prema GSN;
- (4) Dimenzioniranje presjeka na savijanje (pravokutni presjeci, T-presjeci, jednostruko i dvostruko armirani presjeci);
- (5) Dimenzioniranje presjeka na centrični i ekscentrični tlak i vlak;
- (6) Dimenzioniranje na poprečne sile; dimenzioniranje na torziju;
- (7) Lokalni tlačni naponi;
- (8) Vitki elementi naprezani centričnom i ekscentričnom tlačnom silom; stupovi;
- (9) Osnove proračuna armiranobetonskih elemenata prema GSU (naprezanja, pukotine, progibi);
- (10) Konstruiranje armature u različitim elementima konstrukcija; neki detalji; odredbe propisa.

Uvjeti zajedničkog rada betona i armature

PRIONLJIVOST BETONA I ARMATURE

- Jedna od osnovnih pretpostavki proračuna armiranobetonskih konstrukcija je čvrsta veza između betona i armature za sva naponska stanja.
- **Pretpostavka je da na spoju betona i armature nema klizanja tj. vrijedi uvjet kompatibilnosti $\varepsilon_c = \varepsilon_s$.**

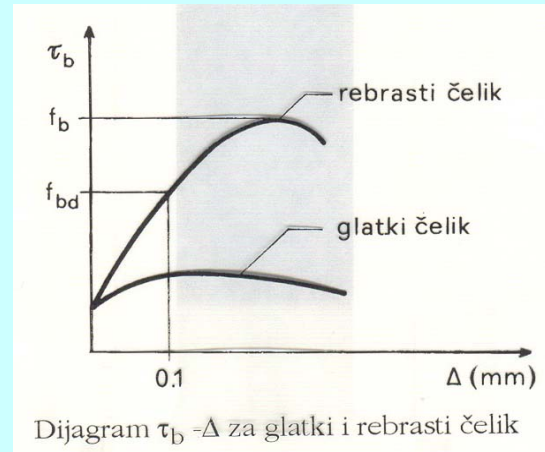


Ako prionljivosti između betona i armature ne bi bilo (klizanje na kontaktu), armiranobetonski nosač bi se ponašao kao betonska greda ojačana s čeličnom zategom, tj. u gredi se formira tlačni luk koji se oslanja na ležejeve koji preuzimaju vertikalnu silu, a armatura preuzima horizontalnu silu

$$F_s = M_{max}/z.$$

Prionljivost ovisi o slijedećim čimbenicima:

- vrsti čelika:



- kakvoći betona (f_b raste s povećanjem f_c);

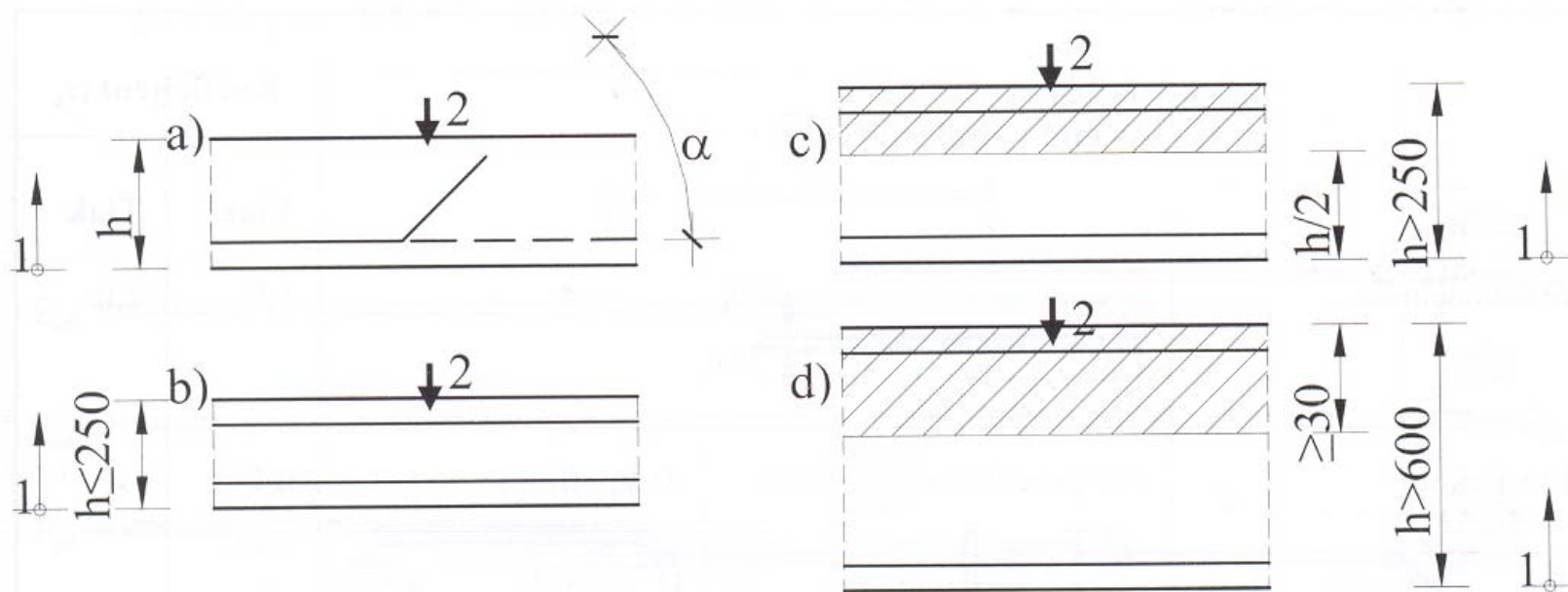
f_b = čvrstoća prionljivosti

- dimenzijama elementa;

f_c = tlačna čvrstoća betona

- položaju i nagibu šipke u elementu.

P.A.9 Uvjeti dobre i umjerene prionljivosti armature, (BK•P, sl.6.3)



a) i b) za svu armaturu dobri uvjeti prionljivosti

c) i d) armatura u nešrafiranome području: dobri uvjeti prionljivosti
 armatura u šrafiranome području: umjereni uvjeti prionljivosti

1 smjer punjenja betonom

2 smjer iz kojeg se betonira

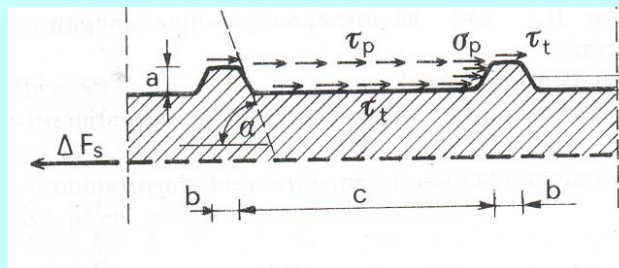
Proračunska čvrstoća prionljivosti (f_{bd})

Koristi se za proračun sidrenja armaturnih šipki, a definira se preko pomaka izvlačenjem:

$$f_{bd} = F(\Delta = 0.1) / u \cdot l_b$$

gdje je:

$F(\Delta=0.1)$ – sila u šipki pri kojoj se pomiče slobodni kraj šipke za $\Delta = 0.1\text{mm}$



$u = \phi \cdot \pi$ – opseg šipke
 l_b – dužina sidrenja

- *Prionljivost se računa po slijedećem izrazu:*

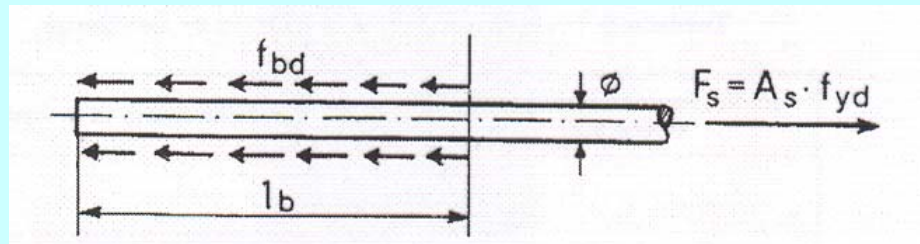
$$f_{bd} = (2.25 \cdot f_{ctk,0.05}) / \gamma_c - \text{za rebrastu armaturu}$$

P.A.10 Proračunska vrijednost čvrstoće prionljivosti f_{bd} [N/mm²] armature dobre prionljivosti i $\phi_s \leq 32$, (BK•P, t.6.3)

	Karakteristična tlačna čvrstoća betona f_{ck} [N/mm ²]								
	12	16	20	25	30	35	40	45	50
f_{bd} [N/mm ²]	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3
	Karakteristična tlačna čvrstoća betona f_{ck} [N/mm ²]								
	55	60	70	80	90	100			
f_{bd} [N/mm ²]	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	4,9			
Za armaturu umjerene prionljivosti vrijednosti u tablici množe se sa 0,7.									

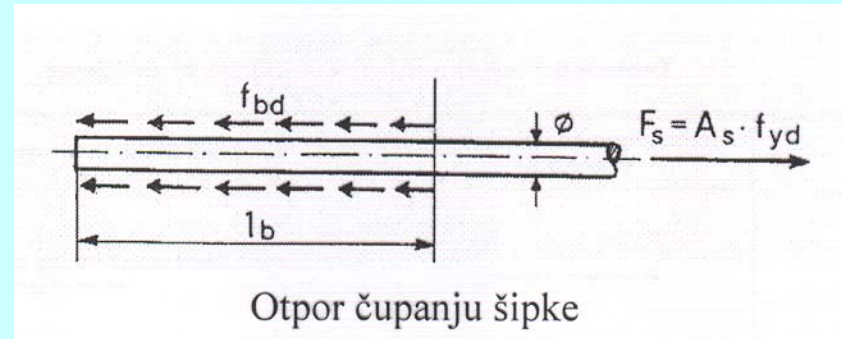
SIDRENJE ARMATURE

- Sidrenje armature je potrebno provesti da bi se osigurala nosiva funkcija svake šipke, žice ili zavarene mreže pojedinačno, kao i rad armiranobetonske konstrukcije u cjelini.
- Osnovna duljina sidrenja je ravna duljina (l_b) koja je potrebna za sidrenje da bi se sila (F_s) u šipki prenijela na beton, pod pretpostavkom stalne proračunske čvrstoće prianjanja (f_{bd}) uzduž i po opsegu šipke.



- U području sidrenja ne smije doći do stvaranja uzdužnih pukotina ni odlamanja betona.
Ako je to potrebno može se predvidjeti poprečna armatura.

Osnovna vrijednost duljine sidrenja se proračunava iz uvjeta ravnoteže:



$$F_s = A_s \cdot f_{yd} = f_{bd} \cdot u \cdot l_b$$

iz čega se dobiva:

$$l_b = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{bd} \cdot u} = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

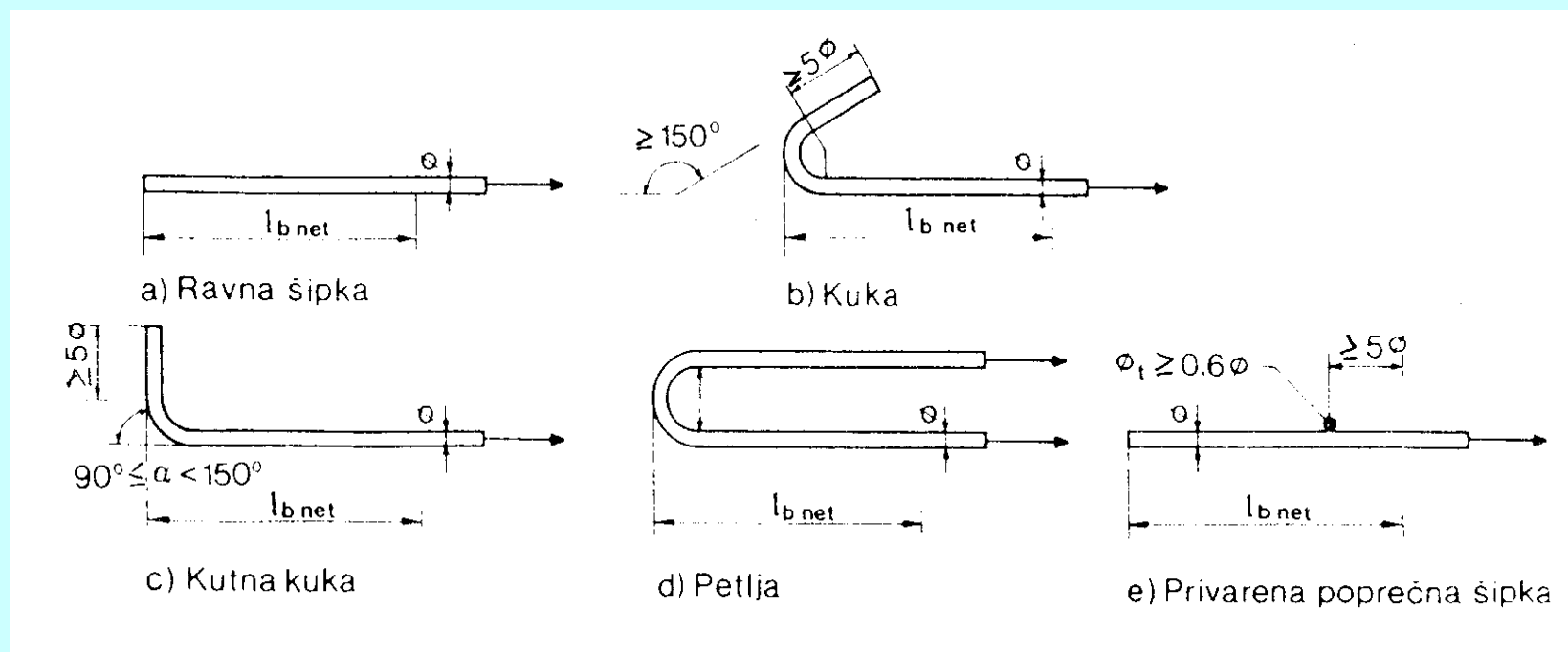
gdje je:

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ - proračunska granica popuštanja ($\gamma_s = 1.15$)

f_{bd} - proračunska čvrstoća prionljivosti (u N/mm^2 iz tablica)

VRSTE SIDRENJA

Vrste i načini te potrebna duljina sidrenja armature dani su na slici:



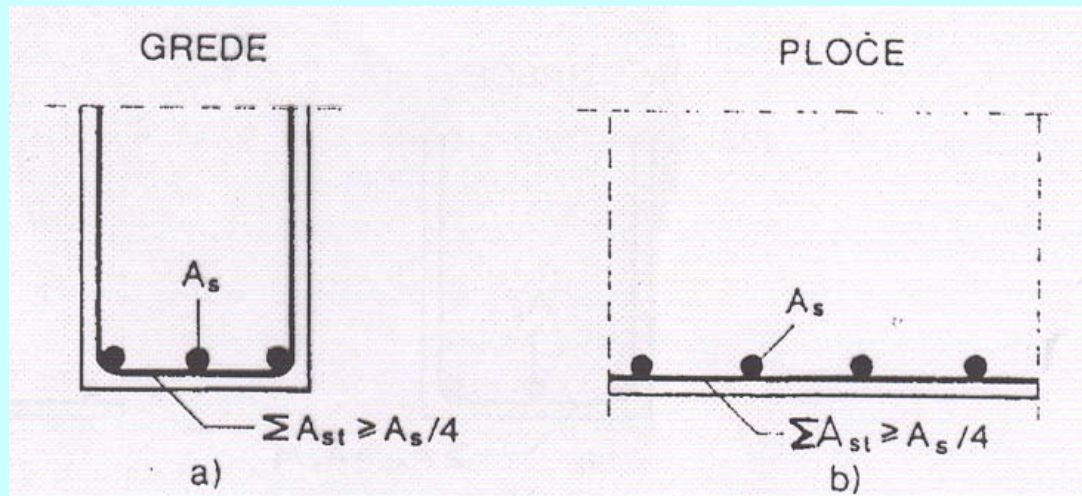
- sidrenje pod **a** i **c** ne rabiti za glatke šipke $\phi > 8$ mm
- sidrenje pod **b**, **c** i **d** ne preporučuje se za tlačno naprezane šipke, osim za glatke šipke koje mogu biti alternativno naprezane na vlak

- Odvajanje zaštitnog sloja armature ili drobljenje betona u području kuke može se izbjeći da se kuke oblikuju preko trna, te ako se sidrenje svih šipki ne izvodi na istom mjestu.

- U gredama se *u području sidrenja* predviđa *poprečna armatura* usporedna s površinom betona, a služi za prihvaćanje lokalnih poprečnih sila cijepanja u slučaju:
 - * kada se sidre vlačne šipke, a nema poprečnog tlaka koji bi nastao od sila na osloncu (indirektno oslanjanje grede)
 - * kada se sidre tlačne šipke

Poprečna armatura u području sidrenja šipki:

- Raspoređuje se ravnomjerno po duljini sidrenja šipki:



$$\Sigma A_{st} = n \cdot A_{st}$$

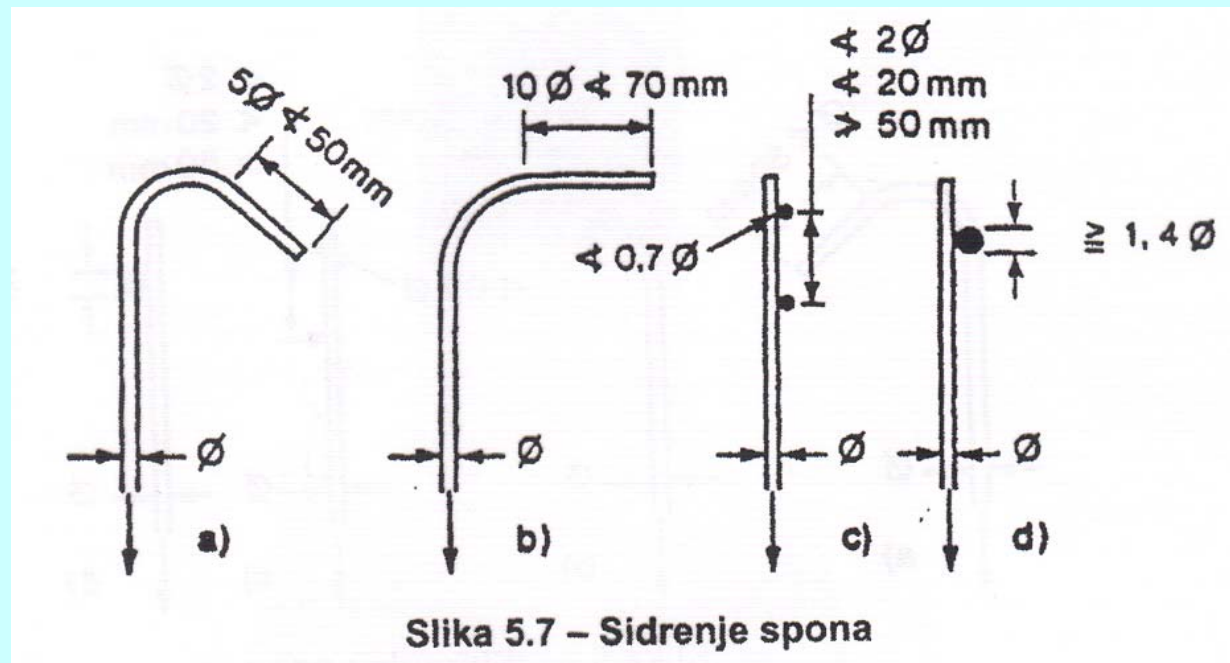
n = broj poprečnih šipki unutar duljine sidrenja

A_{st} = ploština poprečnog presjeka šipke poprečne armature

A_s = ploština poprečnog presjeka jedne usidrene šipke

Sidrenje spona i poprečne armature

- Spone i poprečna armatura moraju se sidriti s pomoću kuka ili s pomoću navarene poprečne armature. Rebraste šipke ili žice mogu se sidriti s kutnim kukama. Unutar kuke ili kutne kuke treba predvidjeti poprečnu šipku.
- Najmanji promjeri trna određeni su u pravilima oblikovanja armature.



Sidrenje se smatra zadovoljavajućim:

(a) ako se na zakrivljeni dio kuke ili kutne kuke nastavlja ravni komad čija duljina nije manja od:

- * 5ϕ ili 50 mm ako se priključuje na kut od 135° ili više
- * 10ϕ ili 70 mm ako se priključuje na kut od 90°

(b) ako su blizu kraja ravne šipke položene

- * ili dvije navarene poprečne šipke (npr. c)
- * ili jedna poprečna šipka čiji promjer nije manji od 1,4-strukog promjera spona (npr. d)

POTREBNA DULJINA SIDRENJA

Šipke i žice

Potrebna duljina sidrenja proračunava se po izrazu:

$$l_{b,\text{net}} = \alpha_a \cdot l_b \cdot (A_{s,\text{req}}/A_{s,\text{prov}}) \geq l_{b,\text{min}}$$

gdje je:

l_b - osnovna duljina sidrenja armature.

$A_{s,\text{req}}$ - potrebna površina armature

$A_{s,\text{prov}}$ - stvarna površina armature

α_a - koeficijent kojim se uzima u obzir djelotvornost sidrenja

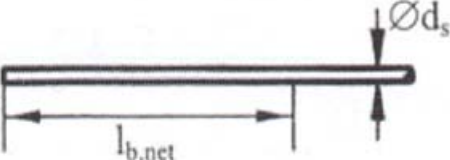
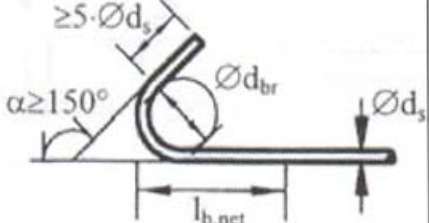
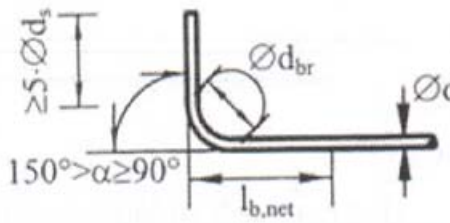
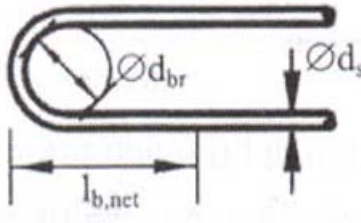
$\alpha_a = 1,0$ - za ravne šipke

$\alpha_a = 0,7$ - za zakrivljene vlačno naprezane šipke kad zaštitni sloj iznosi najmanje 3ϕ okomito na ravninu zakrivljenosti u području kuke, kutne kuke ili petlje

$l_{b,\text{min}}$ - najmanja vrijednost duljine sidrenja

$l_{b,\text{min}} = 0,3 \cdot l_b \geq 10\phi \geq 10 \text{ cm}$ - za sidrenje vlačnih šipki

$l_{b,\text{min}} = 0,6 \cdot l_b \geq 10\phi \geq 10 \text{ cm}$ - za sidrenje tlačnih šipki

Vrsta i oblik sidrenja		Koeficijent α_a		
		Vlak	Tlak	
a) ravna šipka			1,0	1,0
b) s kukom	c) s pravokutnom kukom	d) s petljom	0,7 ^b (1,0) ^a	---
				
<p>^a Vrijedi kada je u području zakrivljenosti šipke, debljina zaštitnog sloja, okomito na tangentu kružnice zakrivljenosti $< 3 \cdot d_s$, ili nema poprečnog tlaka, ili gustog obuhvaćanja sponama;</p> <p>^b Kod sidrenja petljom, kada je promjer zakrivljenosti $d_{br} \geq 15 \cdot d_s$, α_a se smije reducirati na 0,5.</p>				

Mreže od rebrastih šipki

- Potrebna duljina sidrenja može se računati po izrazu za $l_{b,net}$
- Ako u području sidrenja postoje poprečne šipke, dopušteno je tu vrijednost smanjiti množenjem faktorom 0,7.

Mreže od glatkih šipki

- Smiju se primijeniti na temelju pripadajućih posebnih normi.

SIDRENJE S POMOĆU MEHANIČKIH NAPRAVA

- Prikladnost sidara mora se dokazati potvrdom o prikladnosti.

NASTAVLJANJE ARMATURE

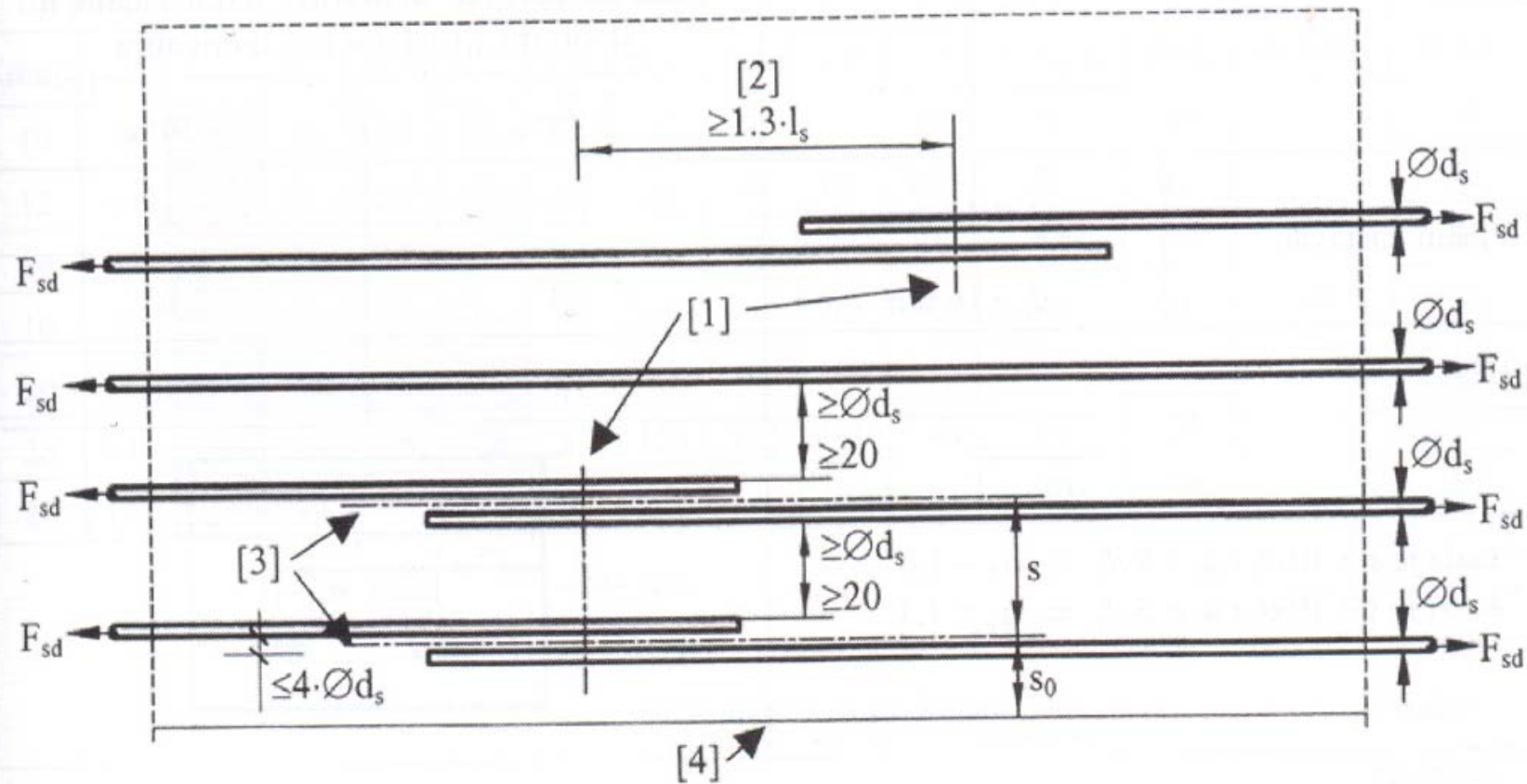
- Nastavljanje tlačnih i vlačnih šipki armature u načelu valja izbjegavati; ako se nastavljanje ne da izbjeći treba ga predvidjeti u području gdje su naponi u presjeku (u armaturi) najmanji.
- *Nastavljanje šipki treba se izvesti tako:*
 - da je osiguran prijenos sila s jedne šipke na drugu
 - da se u području nastavaka ne pojavi odlamanje betona
 - da širine pukotina na kraju nastavaka značajno ne prekorače granične vrijednosti iz propisa
- *Nastavljanje armature može se izvesti:*
 - preklapanjem
 - zavarivanjem na sučeljak
 - preklapanjem i lučnim zavarivanjem
 - mehanički preko spojnice

NASTAVLJANJE ARMATURE PREKLAPANJEM

Nastavljanje šipki ili žica

- U svakom presjeku mora biti simetrično i paralelno s vanjskom plohom betonskog elementa.
- Nastavljanje armature preklapanjem izvodi se primjenom uputa o sidrenju.

P.A.13 Uzdužno izmicanje preklopa i poprečni razmak armature u području preklopa, (BK•P, sl.6.4)



[1] sredina preklopa; [2] uzdužno izmicanje preklopa; [3] uzdužna os preklopa; [4] rub presjeka.

* ako ne zadovoljava duljina preklopa se mora povećati za iznos koji prekoračuje svijetli razmak za 4ϕ

- *Duljina preklopa određuje se prema izrazu:*

$$l_s = l_{b,net} \alpha_1 \geq l_{s,min}$$

gdje je:

$l_{b,net}$ - efektivna (potrebna) duljina sidrenja

$l_{s,min} \geq 0,3 \cdot \alpha_a \cdot \alpha_1 \cdot l_b \geq 15\phi \geq 20 \text{ cm}$ - minimalna duljina nastavka

α_a - koeficijent za efektivnu duljinu sidrenja

α_1 - koeficijent kojim se uzima u obzir: količina nastavljenih šipki, naprezanje, razmaci nastavaka, te udaljenost od vanjskog ruba

Za α_1 vrijedi:

$\alpha_1 = 1$ za duljine preklopa tlačnih i vlačnih šipki ako se nastavlja manje od 30% šipki u jednom presjeku i ako su $s \geq 10\phi$, kao i $s_0 \geq 5\phi$

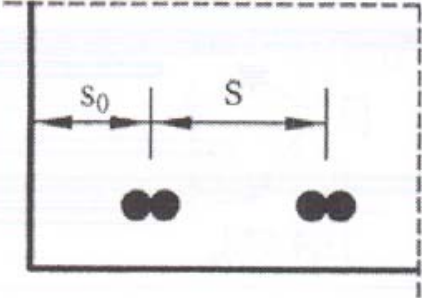
$\alpha_1 = 1,4$ za duljine preklopa vlačnih šipki kad je:

(i) 30 % šipki ili više nastavljeno u jednom presjeku, ili

(ii) ako je jedan od dva razmaka manji od $s = 10\phi$, ili $s_0 = 5\phi$, ali ne oba

$\alpha_1 = 2$ za duljine preklopa vlačnih šipki kad je ispunjen uvjet (i) te kad su oba razmaka navedena u uvjetu (ii) s i s_0 manja od navedenih vrijednosti

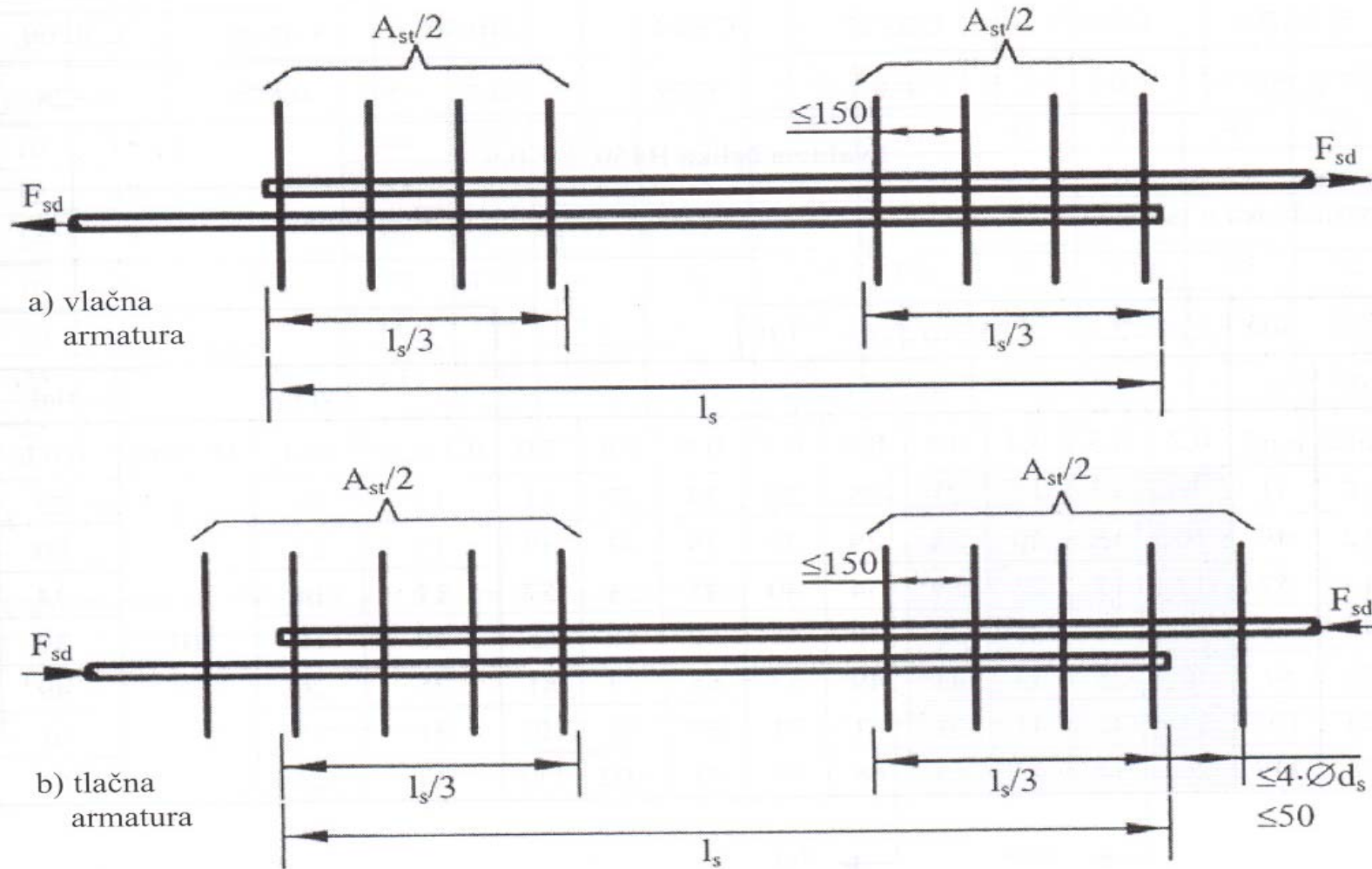
P.A.15 Duljina preklopa i koeficijent α_1 duljine preklapanja, (BK•P, t.6.7)

		Udio nastavljene armature jedne razine u jednome presjeku bez izmicanja	
		$\leq 30\%$	$> 30\%$
Vlačni nastavak	$d_s < 16 \text{ mm}$	1,2 ^a	1,4 ^a
	$d_s \geq 16 \text{ mm}$	1,4 ^a	2,0 ^b
Tlačni nastavak		1,0	1,0
^a kada je $s \geq 10 \cdot d_s$ i $s_0 \geq 5 \cdot d_s \Rightarrow \alpha_1 = 1,0$ ^b kada je $s \geq 10 \cdot d_s$ i $s_0 \geq 5 \cdot d_s \Rightarrow \alpha_1 = 1,4$			

Poprečna armatura

- Za prihvaćanje sila cijepanja u području nastavaka biti će dovoljna postojeća poprečna armatura ako se nastavljaju šipke $\phi < 16$ mm ili kad se u presjeku nastavlja manje od 20% šipki.
- Kada se nastavljaju šipke $\phi > 16$ mm treba:
 - imati ukupnu površinu poprečne armature u ravnini glavne uzdužne armature ne manju od površine jedne nastavljene šipke tj. $\Sigma A_{st} \geq 1.0 A_s$
 - biti oblikovana kao spona ako je $s \leq 10\phi$, a u suprotnom slučaju može biti ravna
 - biti postavljena između uzdužne armature i površine betona

P.A.14 Raspored poprečne armature za nastavljnje preklapanjem, (BK•P, sl.6.5)



Nastavljanje zavarenih mreža od rebrastih šipki

Nastavci glavne armature

- Nastavljanje zavarenih mreža daje se za preklapanje u dvije ravnine koje je najčešće, a izvodi se u područjima smanjenih naprezanja (80% proračunske nosivosti presjeka)
- *Duljina preklopa zavarenih mreža proračunava se po izrazu:*

$$l_s = \alpha_2 \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{s,min}$$

$$l_{s,min} = 0,3 \cdot \alpha_2 \cdot l_b \geq s_t \geq 20 \text{ cm}$$

gdje je:

$$1.0 \leq \alpha_2 = 0.4 + \frac{A_s / s}{800} \leq 2.0$$

l_b - osnovna duljina sidrenja armature

$A_{s,req}$ - potrebna površina armature

$A_{s,prov}$ - stvarna površina armature

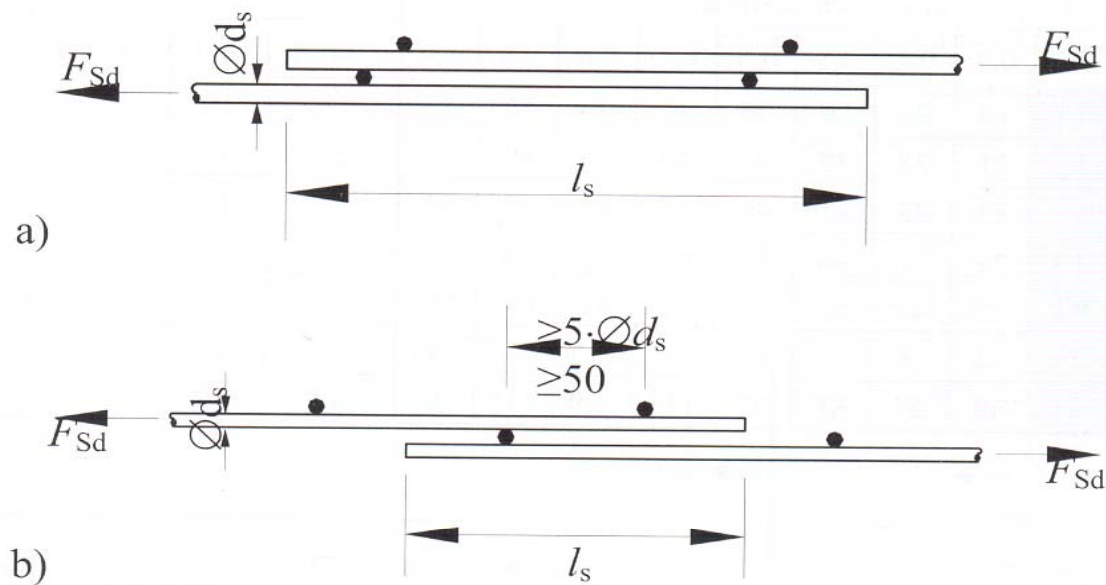
A_s/s - u mm^2/m

s_t - razmak zavarenih poprečnih šipki

Nastavljanje poprečne armature

- Ukupna poprečna armatura može se nastavljati u jednom presjeku.
- Minimalne duljine preklopa dane su u tablici. Najmanje dvije poprečne šipke se moraju nalaziti unutar nastavka na preklop (jedno okno).

P.A.17 Preklapanje mreža u dvije razine, (BK•P, sl.6.12 i t.6.12)

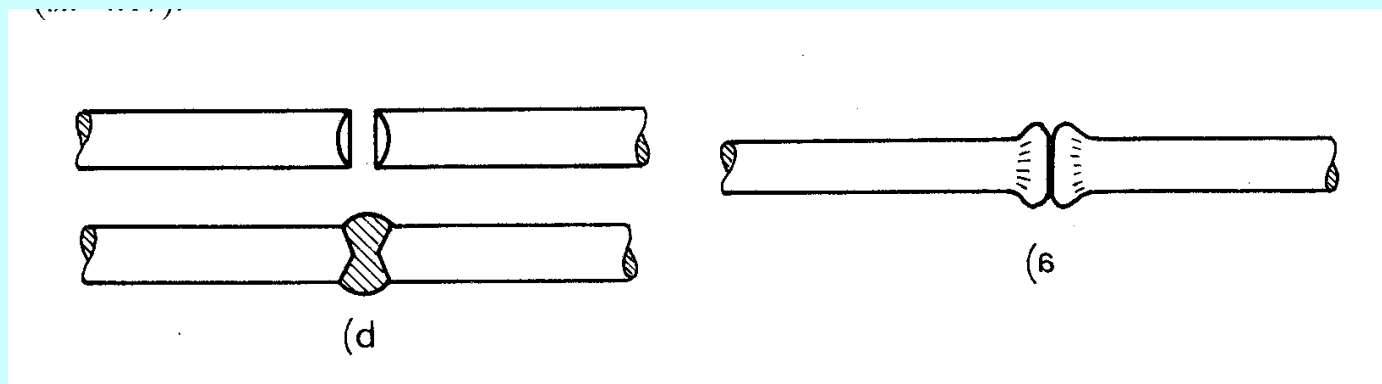


- a) preklap armaturnih mreža u dvije ravnine
 b) nastavljanje poprečne armature

	Promjer poprečne armature			
	$d_s \leq 6 \text{ mm}$	$d_s > 6 \text{ mm}$ $\leq 8,5 \text{ mm}$	$d_s > 8,5 \text{ mm}$ $\leq 12 \text{ mm}$	$d_s > 12 \text{ mm}$
Najmanja duljina preklopa poprečne armature	$\geq s_1$ $\geq 150 \text{ mm}$	$\geq s_1$ $\geq 250 \text{ mm}$	$\geq s_1$ $\geq 350 \text{ mm}$	$\geq s_1$ $\geq 500 \text{ mm}$
s_1 – razmak šipki uzdužne armature				

NASTAVLJANJE ARMATURE ZAVARIVANJEM NA SUČELJAK

- Zavarivanje elektrootporom obavlja se specijalnim uređajem; nastavljati se može $\phi \geq 10$ mm; mogu se nastavljati šipke različitih ϕ , ali odnos njihovih površina mora biti ≤ 1.5 ; šipke spojene na taj način ne tretiraju se kao nastavljene.
- Za šipke $\phi > 20$ mm ponekad se nastavak izvodi lučnim zavarivanjem.

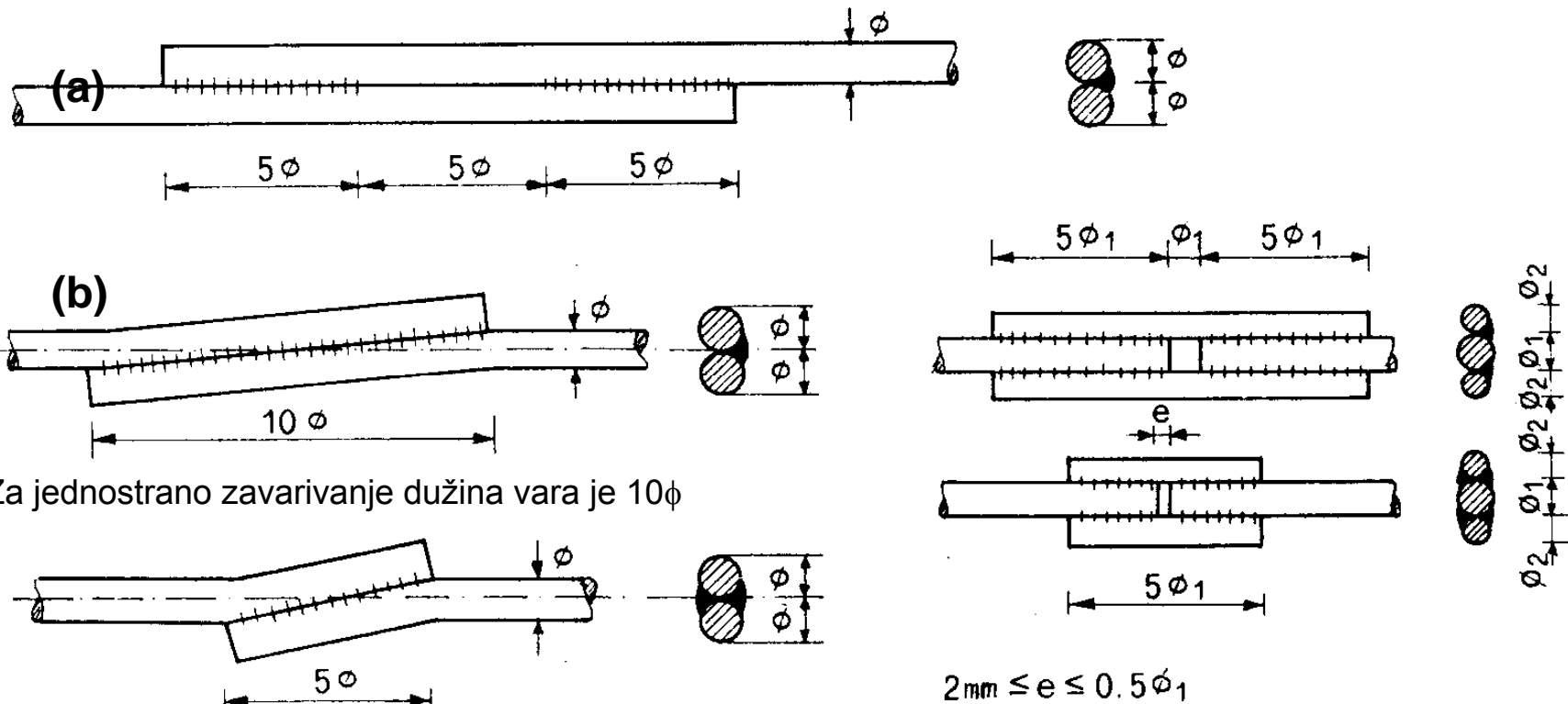


b) lučno

a) elektrootporom

NASTAVLJANJE ARMATURE PREKLAPANJEM I LUČNIM ZAVARIVANJEM

Nastavljanje armature lučnim zavarivanjem izvodi se: (a) preklapljenim šipkama ili (b) s pomoću vezica



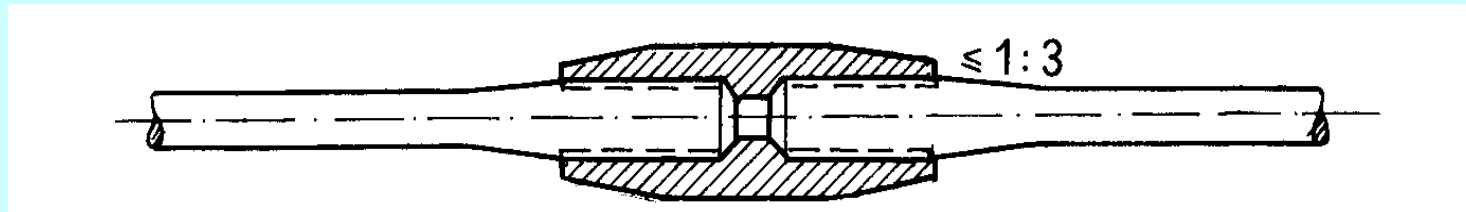
- Za jednostrano zavarivanje dužina vara je 10ϕ

- Za zavarivanje s dvije strane dužina vara je 5ϕ

- Jačina vara u svim slučajevima je 0.25ϕ , ne manja od 4 mm

MEHANIČKO NASTAVLJANJE ARMATURE PREKO SPOJNICE

- Šipke koje se nastavljaju preko spojnice završavaju podebljanjem potrebnim za urezivanjem navoja kako se ne bi oslabio poprečni presjek šipke.
- Nosivost spojnica mora biti provjerena ispitivanjem uzorka.



- Prema propisima dopušta se mehaničko nastavljanje armature preko spojnica samo ako one imaju potvrdu o kakvoći od ovlaštene institucije za ispitivanje materijala i konstrukcija.

OBLIKOVANJE ARMATURE

- Armatura se u konstrukcijskim elementima oblikuje kao ravna ili savijena, s kukama ili bez njih.
- Spone se rade zatvorene, a zatvaranje se postiže kukama bez preklopa ili s preklopom (torzijske spone), te otvorene.
- Najmanji promjer trna za savijanje šipki i žica ne bi trebao biti manji od vrijednosti iz slijedeće tablice (da bi se isključilo cijepanje ili drobljenje betona u području savijanja te pukotine u šipki):

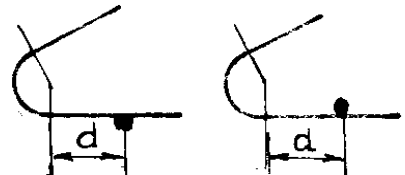
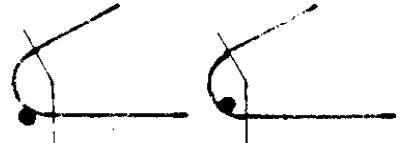
Tablica 5.1 – Najmanji promjeri trna za savijanje

	Kuke, ravne kuke, petlje (slika 5.2)		Savijene šipke ili druge zakrivljene šipke		
	Promjer šipke		Najmanja veličina zaštitnog sloja okomito na ravninu zakrivljenosti		
	$\phi < 20 \text{ mm}$	$\phi \geq 20 \text{ mm}$	$> 100 \text{ mm}$ i $> 7\phi$	$> 50 \text{ mm}$ i $> 3\phi$	$\leq 50 \text{ mm}$ i $\leq 3\phi$
Glatke šipke S220	[$2,5\phi$]	[5ϕ]	[10ϕ]	[10ϕ]	[15ϕ]
Rebraste šipke S400, S500	[4ϕ]	[7ϕ]	[10ϕ]	[15ϕ]	[20ϕ]

P.A.12 Najmanje vrijednosti promjera trna d_{br} za savijanje rebraste armature

	promjer šipke		Naprezanje
	$\phi_s < 20 \text{ mm}$	$\phi_s = 20 - 28 \text{ mm}$	
Kuka, ravna kuka, petlja	$4 \cdot \phi_s$	$7 \cdot \phi_s$	statičko i dinamičko
	$10 \cdot \phi_s$		
Dodaci za preuzimanje posmika	$10 \cdot \phi_s$		
Savijene i druge zakrivljene šipke	zaštitni sloj okomito na ravninu zakrivljenosti i razmak osi šipaka armature		
	$\geq 100 \text{ cm}$ $i \geq 7 \cdot \phi_s$	$> 5 \text{ cm}$ $i > 3 \cdot \phi_s$	$\leq 5 \text{ cm}$ $i \leq 3 \cdot \phi_s$
- kod jedne razine armature	$10 \cdot \phi_s$	$15 \cdot \phi_s$	$20 \cdot \phi_s$
- kod više razina armature uz iznimku vanjske razine	$15 \cdot \phi_s$	$22,5 \cdot \phi_s$	$30 \cdot \phi_s$
Savijanje jednim dijelom ugrađene armature, $\phi_s \leq 14 \text{ mm}$ (povratno, hladno savijanje)	$6 \cdot \phi_s$		statičko
	$15 \cdot \phi_s$		statičko i dinamičko

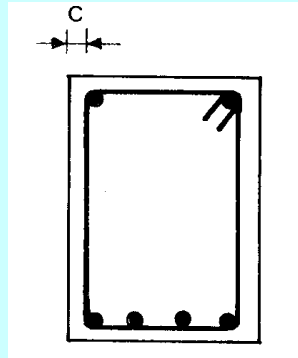
- Za zavarenu armaturu i mreže koje se savijaju nakon zavarivanja vrijede minimalne vrijednosti za promjer trna oko kojeg se savijaju prema slijedećoj tablici:

Minimalni promjer trna	
Var izvan područja povijanja žice 	Var unutar područja povijanja žice 
$d < 4\phi$: 20ϕ $d \geq 4\phi$: Tablica 4.3.	20ϕ

(k = potrebna dužina za oblikovanje kuka)

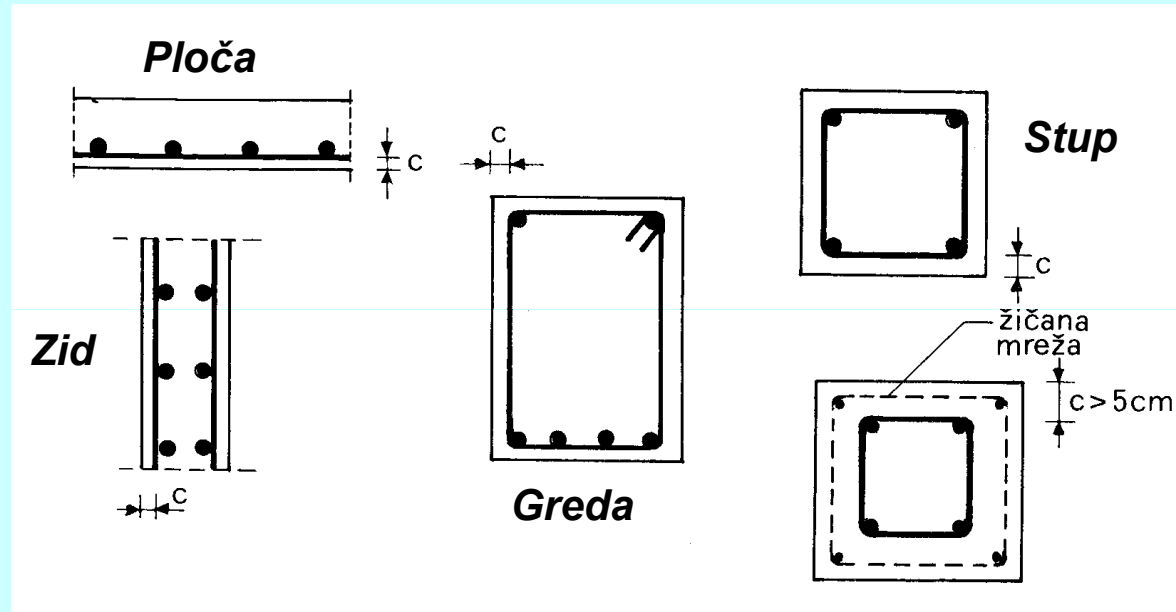
ZAŠTITNI SLOJ

- Zaštitni sloj je sloj betona koji se proteže između vanjske plohe armature (uključujući i sponse) i najbliže vanjske betonske plohe.



- *Najmanja debljina zaštitnog sloja treba biti takva da osigura:*
 - siguran prijenos sila prionljivošću
 - da ne dođe do odlamanja betona
 - propisanu zaštitu od požara
 - zaštitu armature od korozije

Zaštitni slojevi za različite armiranobetonske elemente:



- Prvo se mora odrediti najmanja debljina zaštitnog sloja:

$$c = \phi \text{ ili } \phi_n \quad \text{za } d_g \leq 32 \text{ mm}$$

odnosno:

$$c = (\phi + 5 \text{ mm}) \text{ ili } (\phi_n + 5 \text{ mm}) \text{ kada je } d_g > 32 \text{ mm}$$

Debljina zaštitnog sloja c :

$$c = \phi \text{ ili } \phi_n \quad \text{za } d_g \leq 32 \text{ mm}$$

odnosno:

$$c = (\phi + 5 \text{ mm}) \text{ ili } (\phi_n + 5 \text{ mm}) \quad \text{kada je } d_g > 32 \text{ mm}$$

gdje je:

ϕ - promjer šipke betonskog čelika, natega ili zaštitne cijevi (naknadno napinjanje) u mm

ϕ_n - zamjenjujući promjer snopa šipki u mm; $\phi_n = \phi \sqrt{n}$ (n = broj šipki u snopu)

d_g - nazivna vrijednost najvećeg zrna agregata

- Zaštitnim slojem mora se zaštititi i nenosiva (konstruktivna) armatura.

EC 2

- Minimalna debljina zaštitnog sloja koja će osigurati zaštitu armature od korozije, ovisno o onečišćenju okoliša je:

		Klasa okoliša								
		1	2a	2b	3	4a	4b	5a	5b	5c
Minimalna debljina zaštitnog sloja "c" (mm)	Betonski čelik	15	25	25	40	40	40	25	30	40
	Prednapeti čelik	25	30	35	50	50	50	35	40	50

- Najmanje zaštitne slojeve valja korigirati i to:
 - povećati za 0.5 cm za površine betona teško dostupne kontroli
 - povećati za 0.5 cm za $C < 25 \text{ N/mm}^2$
 - povećati za 1.0 cm ako se površine naknadno obrađuju
 - povećati za 1.0 cm za konstrukcije koje se izvode klizajućom oplatom
 - smanjiti za 0.5 cm za predgotovljene elemente (proizvedene u tvorničkim uvjetima)

- *Tablica klasa okoliša:*

Klasa okoliša		Primjeri za navedeni okoliš
1 Suhi okoliš		Unutrašnji elementi zgrade
2 Vlažni okoliš	a ²⁾	Unutrašnji elementi u jako vlažnom okolišu Vanjski elementi Elementi koji nisu u agresivnom tlu ili/i vodi
	b ³⁾	Kao 2a, ali elementi izloženi povremeno smrzavici
3 Vlažni okoliš, smrzavanje, odmrzavanje		Elementi izloženi vremenskim nepogodama, smrzavanje, odmrzavanje solju
4 Blizina mora	a	Elementi izloženi kapljicama mora ili djelomično uronjeni u more
	b	Kao 4a, ali elementi izloženi mrazu
5 Kemijski agresivan okoliš ¹⁾	a	Slabo kemijski agresivan okoliš, agresivna atmosfera (industrija)
	b	Umjereno kemijski agresivan okoliš
	c	Jako kemijski agresivan okoliš

- 1) Kemijski agresivan okoliš posebno je klasificiran preko internacionalne organizacije za standardizaciju (ISO),
- 2) bez smrzavanja,
- 3) sa smrzavanjem.

TPBK (N.N BROJ 101/2005.)

- Ovisno o uvjetima okoliša (razredima agresivnog djelovanja okoliša) određuje se najmanji razred tlačne čvrstoće betona:

Razred	Opis okoliša	Informativni primjeri moguće pojave razreda izloženosti	Najmanji razred tlačne čvrstoće betona
1 Nema rizika od oštećenja			
X0	Bez rizika djelovanja	Elementi bez armature u neagresivnom okolišu (npr. nearmirani temelji koji nisu izloženi smrzavanju i odmrzavanju, nearmirani unutarnji elementi)	C20/25
2 Korozijska armature uzrokovana karbonatizacijom ^{a)}			
XC1	Suho ili trajno vlažno	Elementi u prostorijama obične vlažnosti zraka (uključujući kuhinje, kupaonice, praonice rublja u stambenim zgradama); elementi stalno uronjeni u vodu	C25/30
XC2	Vlažno, rijetko suho	Dijelovi spremnika za vodu; dijelovi temelja	C30/37
XC3	Umjerena vlažnost	Dijelovi do kojih vanjski zrak ima stalni ili povremeni pristup (npr. zgrade otvorenih oblika, tipa-šed); prostorije s atmosferom visoke vlažnosti (npr. javne kuhinje, kupališta, praonice, vlažni prostori zatvorenih bazena za kupanje, ...)	C30/37
XC4	Cikličko vlažno i suho	Vanjski betonski elementi izravno izloženi kiši; elementi u području kvašenja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)	C30/37
3 Korozijska armature uzrokovana kloridima koji nisu iz mora			
XD1	Umjerena vlažnost	Područja prskanja vode s prometnih površina; privatne garaže	C30/37 ^{c)}
XD2	Vlažno, rijetko suho	Bazeni za plivanje i kupališta sa slanom vodom; elementi izloženi industrijskim vodama koje sadrže kloride	C30/37 ^{c)}
XD3	Cikličko vlažno i suho	Elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja ^{b)}	C35/45 ^{c)}

4 Korozijska armatura, uzrokovana kloridima iz mora			
XS1	Izloženo soli iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Vanjski elementi u blizini obale	C30/37 ^{c)}
XS2	Uronjeno	Stalno uronjeni elementi u lukama	C35/45 ^{c)}
XS3	U zonama plime i prskanja vode	Zidovi lukobrana i molova	C35/45 ^{c)}
5 Djelovanje smrzavanja i odmrzavanja, sa ili bez sredstava za odleđivanje			
XF1	Umjereno zasićenje vodom, bez sredstva za odleđivanje	Vanjski elementi	C30/37
XF2	Umjereno zasićenje vodom, sa sredstvom za odleđivanje ili morska voda	Područja prskanja vode s prometnih površina, sa sredstvom za odleđivanje (ali drugačije od onog za XF4); područje prskanja morskom vodom	C25/30
XF3	Jako zasićenje vodom, bez sredstva za odleđivanje	Otvoreni spremnici za vodu; elementi u području kvašenja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)	C30/37
XF4	Jako zasićenje vodom, sa sredstvom za odleđivanje ili morskom vodom	Prometne površine tretirane sredstvima za odleđivanje; pretežno vodoravni elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja ^{b)} ; elementi u području morske plime; mjesta na kojima može doći do struganja u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije	C30/37

6 Beton izložen kemijskom djelovanju ^{d)}			
XA1	Slabo kemijski agresivni okoliš	Spremnici u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije, spremnici tekućih umjetnih gnojiva	C30/37
XA2	Umjereno kemijski agresivni okoliš, konstrukcije u marinama	Betonski elementi u dodiru s morskom vodom; elementi u agresivnom tlu	C35/45 ^{e)}
XA3	Jako kemijski agresivni okoliš	Kemijski agresivne vode u postrojenjima za tretiranje otpadnih voda; spremnici za silažu i korita (žljebovi) za hranjenje životinja; rashladni tornjevi s dimnjacima za odvođenje dimnih plinova	C35/45 ^{e)}
7 Beton izložen habanju			
XM1	Umjereno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu vozila s pneumatskim gumama na kotačima	C30/37 ^{e)}
XM2	Znatno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim ili s tvrdim gumama na kotačima	C30/37 ^{e)}
XM3	Ekstremno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim gumama ili čeličnim kotačima; hidrauličke konstrukcije u vrtložnim (uzburkanim) vodama (npr. bazeni za destilaciju); površine izložene prometu gusjeničara	C35/45 ^{e)}
<p>^{a)} Podaci o vlazi odnose se na uvjete unutar zaštitnog sloja. Može se općenito pretpostaviti da su uvjeti unutar zaštitnog sloja isti kao uvjeti okoline kojem je element izložen. Međutim, to nije nužno slučaj ako postoji barijera za sprječavanje isparavanja između betona i okoliša.</p> <p>^{b)} Takve ploče zahtijevaju dodatnu površinsku zaštitu kao što je sloj za prekrivanje pukotina.</p> <p>^{c)} Prvi niži razred čvrstoće ako se odabire aerirani beton za razred XF.</p> <p>^{d)} Vidjeti HRN EN 206-1 za granične vrijednosti komponenata, sastava i svojstava betona.</p>			

- Najmanja veličina zaštitnog sloja c_{min} određuje se u ovisnosti o razredu izloženosti na koroziju i razredu tlačne čvrstoće betona.

- Nazivna veličina zaštitnog sloja:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c$$

- Najmanja debljina zaštitnog sloja c_{min} za zaštitu od korozije ne smije biti manja od vrijednosti iz slijedeće tablice, a ovisno o razredu agresivnog djelovanja okoliša:

- **Tablica klasa okoliša:**

	Razred izloženosti	1	2
		Najmanji zaštitni sloj c_{min} (mm) ^{a)} ^{b)} za armaturu	Dopuštena odstupanja zaštitnog sloja Δc (mm)
1	XC1	20	10
2	XC2	35	15
	XC3	35	
	XC4	40	
	XD1	55	
XD2			
XD3 ^{c)}			
4	XS1	55	
	XS2		
	XS3		

^{a)} Ako su elementi izvedeni od betona za dva razreda većeg od najmanjeg razreda specificiranog u tablici 2.25, zaštitni sloj može se smanjiti za 5 mm. Ovo, međutim, ne vrijedi za razred izloženosti XC1.

^{b)} Ako se beton na mjestu (in-situ) veže s betonom predgotovljenog elementa, zaštitni sloj na tom spoju može se smanjiti do 5 mm u predgotovljenom elementu i do 10 mm u betonu na mjestu. Ipak, pravila specificirana u Prilogu H TPBK, za osiguranje prijanjanja moraju se poštivati ako je armatura potpuno iskorištena u fazi izvedbe.

^{c)} U nekim slučajevima armatura će trebati posebnu zaštitu od korozije.

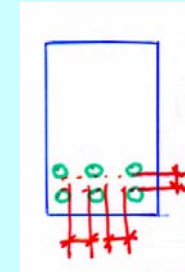
RAZMACI ŠIPKI

- Minimalni razmak šipki mora biti toliki da se beton može kvalitetno ugraditi.
- Promjer najvećeg zrna agregata d_g treba odabrati tako da se osigura odgovarajuće zbijanje u području armature.

- *Svijetli razmak (horizontalno i vertikalno) između šipki:*

$$\geq \phi \text{ ili } \geq 20 \text{ mm}$$

$$\geq (d_g + 5 \text{ mm}) \text{ za zrno agregata } d_g > 32 \text{ mm}$$



- Kod rasporeda šipki u odvojenim horizontalnim slojevima, šipke svakog sloja treba postaviti jednu iznad druge, a međuprostor između redova šipki mora omogućiti pristup pervibratoru.
- Dopušteno je da se šipke koje se preklapaju dodiruju na duljini preklopa.